



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 41 04 358 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H 04 R 25/02**  
A 61 F 11/00

⑳1 Aktenzeichen: P 41 04 358.8  
㉔2 Anmeldetag: 13. 2. 91  
㉔3 Offenlegungstag: 20. 8. 92

DE 41 04 358 A 1

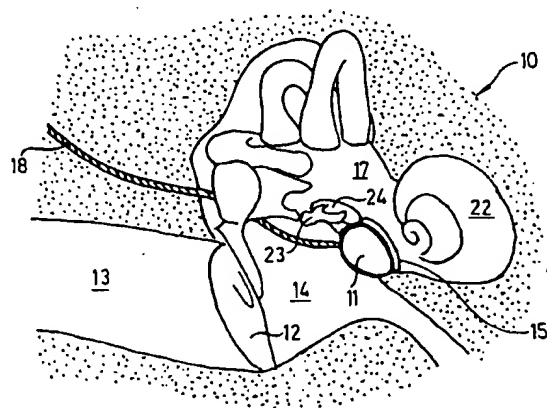
㉔1 Anmelder:  
Implex GmbH, 7449 Neckartenzlingen, DE  
  
㉔4 Vertreter:  
Schwan, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

㉔2 Erfinder:  
Hortmann, Günter, 7449 Neckartenzlingen, DE;  
Leysieffer, Hans, Dr.-Ing., 8028 Taufkirchen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Implantierbares Hörgerät zur Anregung des Innenohres

⑤7 Implantierbares Hörgerät zur Anregung des Innenohres, mit einem elektromechanischen Wandler und einem mechanischen Koppellement zur direkten Übertragung der mechanischen Schwingungen des Wändlers durch eine artifi-  
zielle Bohrung unter Umgehung der Gehörknöchelchenkette auf das Innenohr.



DE 41 04 358 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein implantierbares Hörgerät zur Anregung des Innenohres mit einem elektromechanischen Wandler.

Ein implantierbares Hörgerät zur Anregung des Innenohres ist beispielsweise aus der EP 02 63 254 A1 bekannt. Es wird dort ein aktiver Wandler beschrieben, der in der unterbrochenen Gehörknöchelchenkette plaziert wird und den intakten Steigbügel mechanisch anregt.

Bei einem weiteren implantierbaren Hörgerät nach DE 39 18 086 C1 wird das Innenohr direkt angeregt. Dazu ist ein hydromechanisches Koppellement vorgesehen, das als flüssigkeitsgefüllter Schlauch eingangsseitig von einem elektromechanischen Wandler angeregt wird und ausgangsseitig die so entstehenden Druckschwankungen durch eine Kopplung über eine dünne Abschlußmembran auf die Innenohrräume überträgt. Einer der Vorteile dieses Anregungsprinzips beruht darauf, daß durch die Wahl eines entsprechend großen Verhältnisses von Wandlerrmembran zu Schlauchdurchmesser eine Schnelletransformation stattfindet, durch die auch bei kleinen elektrischen Wandler spannungen hohe Bewegungsamplituden der Wassersäule und damit große Anregungspegel des Innenohres erreicht werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein technisch vereinfachtes Wandler system zur Anregung des Innenohres mit hoher Klangqualität zu schaffen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Hörgerät der eingangs genannten Art, gelöst, das ein mechanisches Koppellement aufweist, das mit seiner vom Innenohr abgewandten Seite mit dem schwingenden Teil des Wandlers verbunden ist und dessen anderes Ende zur direkten Übertragung der mechanischen Schwingungen des Wandlers durch eine artifizielle Bohrung unter Umgehung der Gehörknöchelchenkette in die flüssigkeitsgefüllten Innenohrräume ragt.

Mittels des Hörgerätes nach der Erfindung können die Schwingungen der Membran des elektromechanischen Wandlers über das mechanische Koppellement ohne die Notwendigkeit einer Abschlußmembran wie beim hydromechanischen Koppellement der DE 39 18 086 C1 direkt auf die Innenohrräume übertragen werden. Der elektromechanische Wandler kann dabei so ausgebildet sein, daß er auf dem Promontorium fixierbar ist und das mit ihm verbundene mechanische Koppellement durch eine Bohrung in der Promontorialwand in die Skala tympani führbar ist. In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann der elektromechanische Wandler auch so geformt sein, daß er nach Entfernung des Steigbügels auf der Steigbügelfußplatte fixierbar ist und das mit ihm verbundene mechanische Koppellement durch eine Bohrung in der Fußplatte in die Skala tympani führbar ist. Beim Zugang zum Innenohr durch die Steigbügelfußplatte kann unmittelbar auf eine weit verbreitete Operationsmethode (Stapedektomie) zurückgegriffen werden, bei der eine Steigbügelprothese als dünner Stift durch eine Bohrung in der Fußplatte geringfügig in das Innenohr geschoben wird. Dieses Verfahren ist klinisch sehr sicher und liefert gute, reproduzierbare Ergebnisse. Der Stift ist dabei erfindungsgemäß mit dem schwingenden Teil des elektromechanischen Wandlers verbunden.

Da die Länge des mechanischen Koppellementes ohne größeren Einfluß auf die akustischen Übertragungseigenschaften des Systems ist, kann der elektromechanische Wandler, der das Koppellement antreibt,

auch weiter entfernt von der Zugangsstelle zum Innenohr positioniert sein. Beispielsweise kann der Wandler so gestaltet sein, daß er an der Stelle des Trommelfells nach dessen Entfernung im Gehörgang fixierbar ist und das mit ihm verbundene mechanische Koppellement durch eine Bohrung in der Promontorialwand oder in der Steigbügelfußplatte in die Skala tympani führbar ist. Diese Lösung hat gegenüber der direkten Positionierung des Wandlergehäuses z. B. auf dem Promontorium den Vorteil, daß eine größere Membranfläche des antreibenden Wandlers möglich ist und damit höhere Auslenkungen des mechanischen Koppellementes bei gegebener Wandler spannung erreicht werden.

Das mechanische Koppellement kann vorteilhafterweise als entlang seiner Längsachse verformbarer und in Längsrichtung steifer Stößel ausgebildet sein, wodurch eine Verformung des Koppellementes dergestalt sichergestellt ist, daß das Stößelende senkrecht durch die Bohrung in der Promontorialwand oder der Steigbügelfußplatte führbar ist. Zweckmäßigerweise hat der Stößel einen kreisförmigen Querschnitt mit einem Durchmesser von 0,4 mm bis 1,0 mm, vorzugsweise von 0,6 mm, und er besteht aus einem biokompatiblen Material wie Keramik und/oder Polytetrafluorethylen. Zur präzisen Einstellung der Eindringtiefe des mechanischen Koppellementes in das Innenohr können der elektromechanische Wandler und/oder das mechanische Koppellement eine entsprechende Vorrichtung aufweisen.

Der elektromechanische Wandler kann auf dem elektrodynamischen, elektromagnetischen oder vorzugsweise piezoelektrischen Prinzip beruhen und im letzteren Fall eine vorzugsweise kreisförmige unimorphe oder bimorphe Piezokeramikscheibe aufweisen. Eingangsseitig kann der Wandler über eine Zuleitung mit einer Signalverarbeitungselektronik und einer Energiequelle verbunden sein.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind nachstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Schnitt durch die Innenbereiche eines menschlichen Ohres mit auf dem Promontorium implantiertem elektromechanischem Wandler eines Hörgerätes,

Fig. 2 eine der Fig. 1 entsprechende Darstellung mit einem auf der Steigbügelfußplatte implantierten elektromechanischen Wandler,

Fig. 3 eine den Fig. 1 und 2 entsprechende Darstellung mit einem im Gehörgang implantierten elektromechanischen Wandler,

Fig. 4 einen Querschnitt durch einen piezoelektrischen Wandler an der Implantationsstelle nach Fig. 1.

Der in Fig. 1 dargestellte, in ein menschliches Ohr 10 implantierte elektromechanische Wandler 11 ist in der durch das Trommelfell 12 vom äußeren Gehörgang 13 abgetrennten Paukenhöhle 14 auf dem Promontorium 15 implantiert. Ein mit dem elektromechanischen Wandler 11 fest verbundenes, aus Fig. 4 ersichtliches mechanisches Koppellement 16 ragt in den Innenohrraum 17 (Skala tympani), der mit Perilymphe angefüllt ist. Im Wandler 11 werden elektrische Signale, die ihm über eine Zuleitung 18 zugeführt werden, in mechanische Schwingungen umgewandelt, die durch das als Stößel ausgebildete mechanische Koppellement 16 gemäß Fig. 4 durch eine Bohrung 19 in der Promontorialwand 20, die durch menschliches Bindegewebe 21 gegen den Stößel 16 abgedichtet ist, auf die Perilymphe in der Skala tympani übertragen. Die Lymphflüssigkeit wiederum

überträgt die Schwingungen auf die aus Fig. 1 ersichtliche Schnecke 22, wo ein den Schwingungen entsprechender Höreindruck entsteht.

Im in Fig. 2 dargestellten menschlichen Ohr 10' ist gegenüber dem Ohr 10 aus Fig. 1 der Steigbügel 23 entfernt, und der elektromechanische Wandler 11' ist auf der aus Fig. 1 ersichtlichen und in Fig. 2 durch den Wandler 11' verdeckten Steigbügel Fußplatte 24 implantiert. Das mechanische Koppellement ist durch eine Bohrung in der Steigbügel Fußplatte 24 in den Innenohrraum 17' geführt (in Fig. 2 nicht dargestellt).

Fig. 3 zeigt eine weitere Ausgestaltung 11'' des elektromechanischen Wandlers. Gegenüber den Ausgestaltungen 11 und 11' der Fig. 1 und 2 ist der Wandler 11'' in Fig. 3 wesentlich vergrößert. Er ist an Stelle des Trommelfells 12, 12' im äußeren Gehörgang 13'' implantiert. Mit ihm verbunden ist ein längerer, als mechanisches Koppellement zum Innenohrraum 17'' wirkender Stößel 16'', der durch eine Bohrung 25 in der Steigbügel Fußplatte 24' in den Innenohrraum 17'' geführt ist. Durch die vergrößerte Fläche des Wandlers 11'' im Vergleich mit den Wandlern 11 und 11' der Fig. 1 und 2 ist die Übertragung größerer Schwingungsamplituden auf das Innenohr 17'' und damit verbunden auch eine Verstärkung des Höreindrucks möglich.

Fig. 4 zeigt eine Realisierung des auf dem Promontorium 15 implantierten Wandlers 11 aus Fig. 1 nach dem piezoelektrischen Prinzip. Eine einlagige, kreisförmige Scheibe 26 aus Piezokeramik ist in ein ebenfalls kreisförmiges, einseitig offenes Gehäuse 27 fest eingespannt. Die elektrische Kontaktierung erfolgt im Gehäuseinneren über eine hermetisch dichte Gehäusedurchführung 28, wobei ein dünner und flexibler Draht 29 von der Durchführung 28 auf eine in der Darstellung oben liegende Elektrodenfläche 30 der Piezokeramikscheibe 26 geführt ist. Die Kontaktierung der anderen, hier unten liegenden Elektrodenfläche 31 erfolgt unmittelbar über den elektrischen Kontakt dieser Elektrodenfläche mit dem Gehäuse 27, das beispielsweise aus Titan oder Niob gefertigt sein kann. Sowohl zu der Durchführung 28 als auch zum Gehäuse 27 sind elektrische Anschlüsse 32 und 33 geführt. Wird die piezokeramische Scheibe 26 über diese Anschlüsse 32, 33 elektrisch angeregt, ergibt sich eine mechanische Verformung der Scheibe 26, die im wesentlichen in einer zur Scheibenebene senkrechten Bewegung des Scheibenmittelpunktes und damit des mittig fest angekoppelten Stößels 16 resultiert.

Dadurch entsteht eine Bewegungsform des Stößels innerhalb der Skala tympani 17, die zu Druckschwankungen in der Perilymphe und damit zu einem Höreindruck führt.

Der Stößel 16 ist vorzugsweise aus Polytetrafluorethylen oder biokompatibler Keramik gefertigt. Die dem Promontorium zugewandte Elektrode 31 ist aus Gründen der Biokompatibilität mit einer geeigneten, dünnen Schutzschicht überzogen. Die Einstellung der Eindringtiefe des Stößels 16 kann auf einfache Weise durch einen Ring 34 erfolgen, der über ein Feingewinde 35 mit der offenen Seite des Wandlergehäuses 27 verbunden ist. Durch Drehen dieses Ringes kann so ein vorher über eine Meßlehre ermitteltes Tiefenmaß sicher eingestellt werden, das für die risikolose Applikation des Wandlers und auch für die richtige physiologische Funktion des aktiven Wandlers wesentlich ist. Das Gehäuse 27 wird nach der Positionierung auf dem Promontorium 15 vorteilhaft mit Knochenzement 36 dauerhaft fixiert.

Die akustische und elektronische Verarbeitung des Audiosignals, die Energieversorgung, die Steuerung des

Systems und die hermetische Kapselung zur Implantation des gesamten ansteuernden Systems erfolgen vorzugsweise in der aus DE 39 18 086 C1 bekannten Weise.

#### Patentansprüche

1. Implantierbares Hörgerät zur Anregung des Innenohres mit einem elektromechanischen Wandler, gekennzeichnet durch ein mechanisches Koppellement (16, 16'), das mit seiner vom Innenohr (17, 17', 17'') abgewandten Seite mit dem schwingenden Teil des Wandlers (11, 11', 11'') verbunden ist und dessen anderes Ende zur direkten Übertragung der mechanischen Schwingungen des Wandlers (11, 11', 11'') durch eine artifizielle Bohrung (19, 25) unter Umgehung der Gehörknöchelchenkette in die flüssigkeitsgefüllten Innenohrräume (17, 17', 17'') ragt.
2. Hörgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der elektromechanische Wandler (11) so ausgebildet ist, daß er auf dem Promontorium (15) fixierbar ist und das mit ihm verbundene mechanische Koppellement (16) durch eine Bohrung (19) in der Promontorialwand (20) in die Skala tympani (17) führbar ist.
3. Hörgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der elektromechanische Wandler (11') so ausgebildet ist, daß er nach Entfernung des Steigbügels (23) auf der Steigbügel Fußplatte (24) fixierbar ist und das mit ihm verbundene mechanische Koppellement durch eine Bohrung (25) in der Fußplatte in die Skala tympani (17') führbar ist.
4. Hörgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der elektromechanische Wandler (11'') so ausgebildet ist, daß er an der Stelle des Trommelfells (12, 12') nach dessen Entfernung im Gehörgang (13'') fixierbar ist und das mit ihm verbundene mechanische Koppellement (16'') durch eine Bohrung in der Promontorialwand (20) oder in der Steigbügel Fußplatte (24') in die Skala tympani (17'') führbar ist.
5. Hörgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das mechanische Koppellement (16, 16') als entlang seiner Längsachse verformbarer und in Längsrichtung steifer Stößel ausgebildet ist.
6. Hörgerät nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Stößel einen kreisförmigen Querschnitt mit einem Durchmesser von 0,4 mm bis 1,0 mm, vorzugsweise von 0,6 mm, aufweist.
7. Hörgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der elektromechanische Wandler (11, 11', 11'') und/oder das mechanische Koppellement (16, 16') eine Vorrichtung (34) zur präzisen Einstellung der Eindringtiefe des mechanischen Koppellements (16, 16') in das Innenohr aufweisen.
8. Hörgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der elektromechanische Wandler (11, 11', 11'') auf dem elektrodynamischen, elektromagnetischen oder, vorzugsweise, dem piezoelektrischen Prinzip beruht.
9. Hörgerät nach der Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der auf dem piezoelektrischen Prinzip beruhende elektromechanische Wandler (11, 11', 11'') eine vorzugsweise kreisförmige, unimorphe oder bimorphe Piezokeramikscheibe (26) aufweist.
11. Hörgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der elektro-

mechanische Wandler (11, 11', 11'') über eine Zuleitung (18, 18') mit einer Signalverarbeitungselektronik und einer Energiequelle verbunden ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

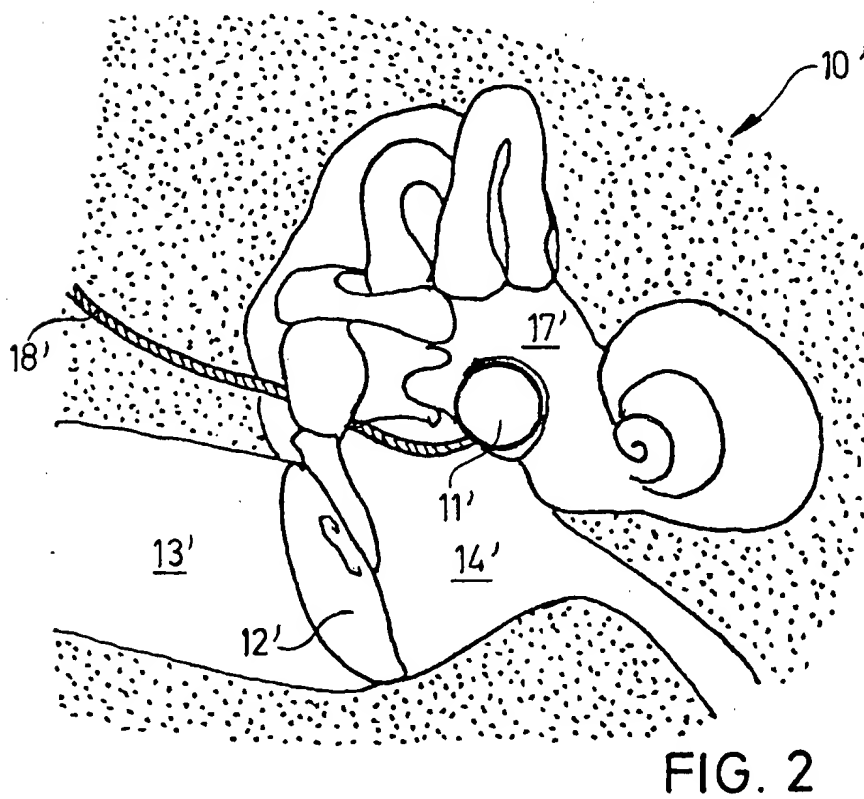
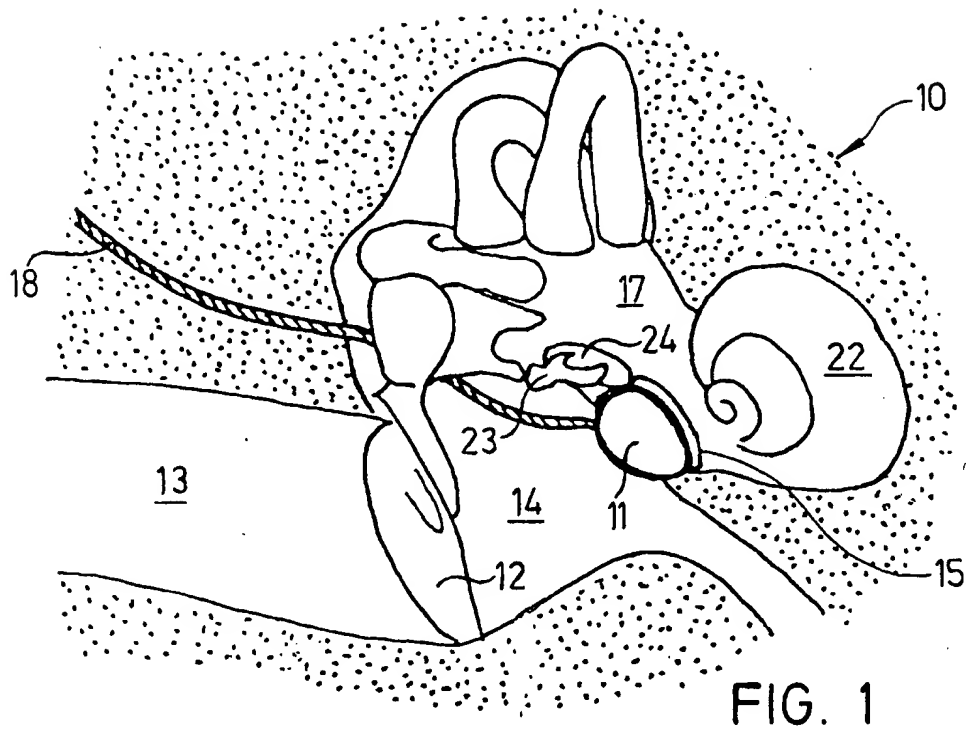
45

50

55

60

65



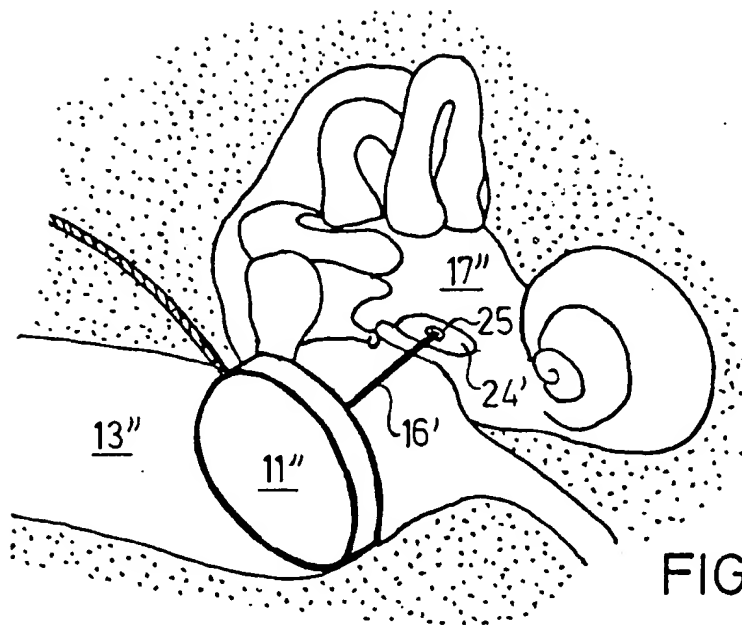


FIG. 3

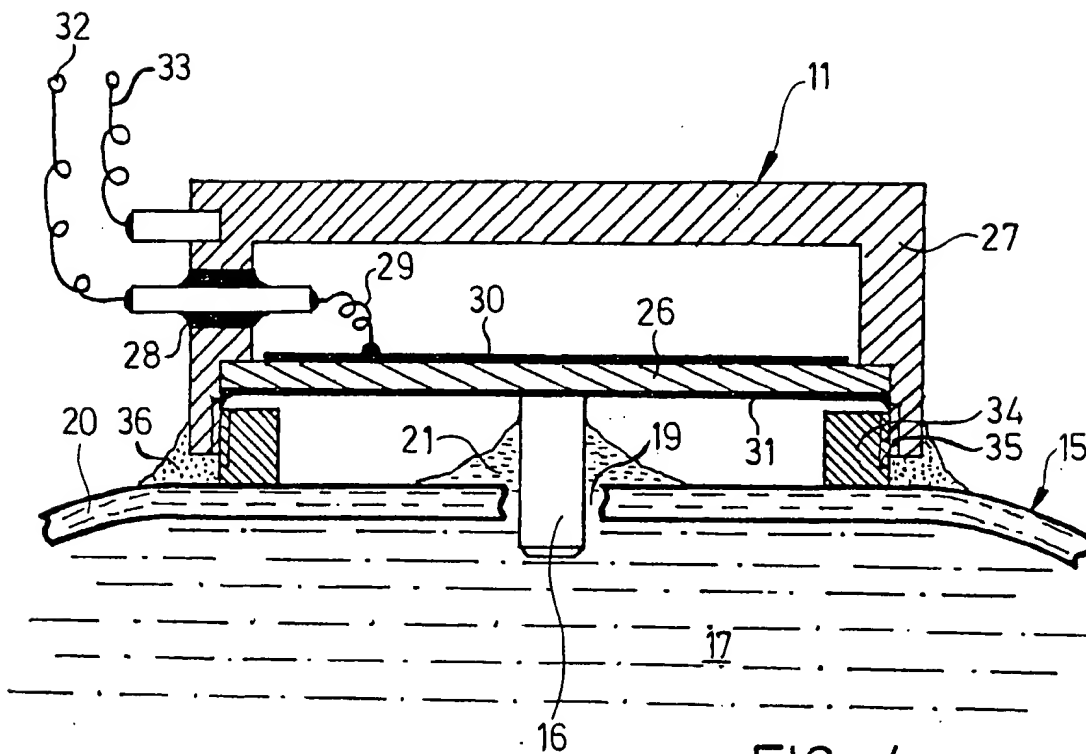


FIG. 4